

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

621-3

Première édition
First edition
1979-01

**Installations électriques pour chantiers extérieurs
soumis à des conditions sévères
(y compris mines à ciel ouvert et carrières)**

**Troisième partie: Prescriptions générales relatives
au matériel électrique**

**Electrical installations for outdoor sites under
heavy conditions (including open-cast mines
and quarries)**

**Part 3: General requirements for equipment
and ancillaries**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 621-3: 1979

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

621-3

Première édition
First edition
1979-01

**Installations électriques pour chantiers extérieurs
soumis à des conditions sévères
(y compris mines à ciel ouvert et carrières)**

**Troisième partie: Prescriptions générales relatives
au matériel électrique**

**Electrical installations for outdoor sites under
heavy conditions (including open-cast mines
and quarries)**

**Part 3: General requirements for equipment
and ancillaries**

© CEI 1979 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé,
électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les
microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized
in any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
CHAPITRE I: PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES POUR LES ÉLÉMENTS ÉLECTRIQUES	
Articles	
INTRODUCTION	8
1. Conception et choix	8
2. Normes applicables	8
3. Matériaux	10
4. Protection	10
5. Conditions de fonctionnement	10
6. Conditions d'emplacement	10
7. Matériaux combustibles	10
8. Borne de terre	10
9. Limitations du bruit	10
CHAPITRE II: MACHINES TOURNANTES	
10. Construction mécanique	12
11. Protection mécanique	12
CHAPITRE III: TRANSFORMATEURS	
12. Cerclage du noyau, des enroulements et des cuves	14
13. Enveloppes	14
14. Etanchéité aux poussières	14
15. Protection contre l'incendie	14
16. Pollution par l'agent de refroidissement	14
CHAPITRE IV: CONVERTISSEURS STATIQUES	
17. Limitation des surtensions	16
18. Interférences avec les réseaux de communication et de commande	16
19. Couplage électrique	16
20. Protection contre l'interaction entre liaisons à la terre	16
21. Surveillance à régulation	16
22. Limitation des harmoniques (<i>A l'étude</i>)	16
CHAPITRE V: DISPOSITIFS DE COUPURE	
23. Prévention de fonctionnements intempestifs	18
24. Sectionneurs	18
25. Pouvoir de coupure	18
26. Protection du personnel	18
CHAPITRE VI: CHOIX ET MISE EN ŒUVRE DES CÂBLES	
27. Conducteurs de phase	20
28. Conducteur de protection	20
29. Armure utilisée comme conducteur de protection	20
30. Températures limites en court-circuit	20
31. Protection contre les décharges partielles	20
32. Couches semiconductrices	22
33. Fourniture d'écrans ou d'armures pour câbles de tension supérieure à 1 000 V	22
34. Repérage du conducteur de protection	22
35. Comportement en présence de décharges partielles	22
36. Extrémités des câbles souples	24
37. Limitation de la torsion des câbles de transport d'énergie	24
38. Gaines	24
39. Séparation des conducteurs d'énergie et de commande	24
40. Séparation des câbles sur chemins de câbles	26
41. Rayon de courbure des câbles souples d'un diamètre de plus de 25 mm	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS FOR ELECTRICAL COMPONENTS	
Clause	
INTRODUCTION	9
1. Design and selection	9
2. Relevant standards	9
3. Materials	11
4. Protection	11
5. Operating conditions	11
6. Site conditions	11
7. Combustible materials	11
8. Earth terminal	11
9. Noise limitations	11
CHAPTER II: ROTATING MACHINES	
10. Mechanical construction	13
11. Mechanical protection	13
CHAPTER III: TRANSFORMERS	
12. Core, coil and tank bracing	15
13. Enclosures	15
14. Dust exclusion	15
15. Protection from fire	15
16. Pollution by cooling medium (coolant)	15
CHAPTER IV: STATIC CONVERTERS	
17. Over-voltage limitation	17
18. Interference with communication and control systems	17
19. Electrical coupling	17
20. Protection against interaction between earthing systems	17
21. Feedback supervision	17
22. Limitation of harmonics (<i>Under consideration</i>)	17
CHAPTER V: SWITCHING DEVICES	
23. Prevention of unintentional operation	19
24. Isolators	19
25. Interrupting capability	19
26. Personnel protection	19
CHAPTER VI: CABLE SELECTION AND APPLICATION	
27. Phase conductors	21
28. Protective conductor	21
29. Armouring as protective conductor	21
30. Limiting temperatures under short circuit	21
31. Protection against partial discharge	21
32. Semiconducting layers	23
33. Provision of screens and/or armouring for cables above 1 000 V	23
34. Identification of protective conductor	23
35. Partial discharge performance	23
36. Terminations of flexible cables	25
37. Power cable twist limitation	25
38. Sheathing	25
39. Segregation of power and control cores	25
40. Separation of cables in racks	27
41. Bending radius for flexible cables over 25 mm diameter	27

CHAPITRE VII: CONNEXIONS DES CÂBLES

Articles	Pages
42. Connexions par prise de courant	28
43. Connexions par prises moulées et connexions boulonnées	28

CHAPITRE VIII: ENROULEURS DE CÂBLES

Introduction	30
44. Facteurs de régime sur enrouleurs	30
45. Limites de tension mécanique du câble	30
46. Diamètres des enrouleurs pour câbles souples	30
47. Réductions admissibles des diamètres de l'enrouleur	32
48. Prescriptions relatives aux câbles pliés en « S » et aux changements de direction	32

CHAPITRE IX: CIRCUITS ET DISPOSITIFS DE COMMANDE

49. Prévention des fonctionnements intempestifs	34
50. Limitation des courants de fuite et capacitifs — Circuits de commande non mis à la terre	34
51. Surveillance de l'isolement — Circuits de commande non mis à la terre	34
52. Limitation des courants de fuite et capacitifs — Circuits de commande mis à la terre	34

CHAPITRE X: CIRCUITS ET DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ

53. Généralités	38
54. Principe du circuit fermé	38
55. Principe de confirmation du fonctionnement	38
56. Principes de protection par défaut au moyen de dispositifs de commande à semi-conducteurs	38

CHAPTER VII: CABLE CONNECTORS

Clause	Page
42. Use of plug/socket connectors	29
43. Use of bolted plug/socket connectors and bolted connections	29

CHAPTER VIII: CABLE DRUMS

Introduction	31
44. Drum rating factors	31
45. Cable tension limits	31
46. Drum diameters for flexible cables	31
47. Permissible reductions in drum diameters	33
48. Requirements for cable " S " bends and direction changes	33

CHAPTER IX: CONTROL CIRCUITS AND CONTROL DEVICES

49. Prevention of unintentional operation	35
50. Limitation of leakage and capacitance currents—Unearthed control circuits	35
51. Monitoring of insulation—Unearthed control circuits	35
52. Limitation of leakage and capacitance currents—Earthed control circuits	35

CHAPTER X: SAFETY CIRCUITS AND SAFETY DEVICES

53. General	39
54. Closed circuit principle	39
55. Proving function operation principle	39
56. Fail safe principles with solid state switching devices	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS
SOU MIS À DES CONDITIONS SÉVÈRES
(Y COMPRIS MINES À CIEL OUVERT ET CARRIÈRES)**

Troisième partie: Prescriptions générales relatives au matériel électrique

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 71 de la CEI: Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières).

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Denver en 1976. A la suite de cette réunion, un projet, document 71(Bureau Central)9, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1977.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Israël
Australie	Italie
Belgique	Pays-Bas
Canada	Portugal
Egypte	Roumanie
Espagne	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Hongrie	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 79: Matériel électrique pour atmosphères explosives.
- 502: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.
- 621-2: Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières), Deuxième partie: Prescriptions générales de protection.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR OUTDOOR SITES UNDER HEAVY
CONDITIONS (INCLUDING OPEN-CAST MINES AND QUARRIES)**

Part 3: General requirements for equipment and ancillaries

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 71, Electrical Installations for Outdoor Sites under Heavy Conditions (Including Open-cast Mines and Quarries).

A first draft was discussed at the meeting held in Denver in 1976. As a result of this meeting, a draft, Document 71(Central Office)9, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Portugal
Canada	Romania
Egypt	Spain
Germany	Turkey
Hungary	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 79: Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres.
502: Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1 kV up to 30 kV.
621-2: Electrical Installations for Outdoor Sites under Heavy Conditions (Including Open-cast Mines and Quarries), Part 2: General Protection Requirements.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS SOUMIS À DES CONDITIONS SÉVÈRES (Y COMPRIS MINES À CIEL OUVERT ET CARRIÈRES)

Troisième partie: Prescriptions générales relatives au matériel électrique

CHAPITRE I: PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES POUR LES ÉLÉMENTS ÉLECTRIQUES

INTRODUCTION

Ce chapitre décrit les prescriptions générales applicables à tous les éléments tandis que les chapitres suivants donnent les prescriptions particulières applicables à chaque élément.

1. Conception et choix

La conception et le choix des éléments doivent tenir compte des charges prévisibles, des caractéristiques de fonctionnement et des régimes cycliques ainsi que des mesures de protection requises dans des conditions spéciales et sévères d'environnement, de fonctionnement, de transport et de stockage.

Certaines de ces conditions, comme celles qui sont énumérées ci-dessous, peuvent différer de celles qui figurent dans d'autres publications de la CEI. Les valeurs typiques de la CEI sont indiquées entre parenthèses, ci-dessous:

- haute altitude (0 à 1 000 m);
- basse ou haute température ambiante (0 à 40 °C);
- variations de la tension d'alimentation ($\pm 5\%$);
- variations de la fréquence d'alimentation ($\pm 3\%$);
- alimentation incertaine et phénomènes transitoires;
- forte ou faible humidité;
- environnement (poussière, pression du vent, air marin, etc.);
- matériaux ou atmosphère inflammables ou explosifs;
- vermine, y compris rongeurs ou autres petits animaux;
- emplacements exposés à des catastrophes naturelles;
- conséquence écologique.

Afin d'assurer que des paramètres d'étude corrects sont choisis, une entente mutuelle doit être obtenue entre l'utilisateur et le fournisseur au sujet des conditions quantitatives et qualitatives. Une telle entente doit être conforme aux règles ou directives nationales appropriées.

2. Normes applicables

Les spécifications de tous les éléments électriques ne doivent pas être inférieures aux spécifications des publications de la CEI applicables à ces éléments.

ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR OUTDOOR SITES UNDER HEAVY CONDITIONS (INCLUDING OPEN-CAST MINES AND QUARRIES)

Part 3: General requirements for equipment and ancillaries

CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS FOR ELECTRICAL COMPONENTS

INTRODUCTION

In this chapter, the general requirements for all components are described and the specific requirements for various components are included in subsequent chapters.

1. Design and selection

Design and selection of components shall be on the basis of expected loading, operating characteristics and cyclic duty taking into consideration the protection required in special and arduous environmental, operational, transportation and storage conditions.

Some of these conditions, such as the ones listed below, may differ from those given in other IEC publications. Typical IEC values are given in brackets below:

- high altitude (0 to 1 000 m);
- low and/or high ambient temperature (0 to 40 °C);
- supply voltage variations ($\pm 5\%$);
- supply frequency variations ($\pm 3\%$);
- insecure power supply and transients;
- high or low humidity;
- environment (dust, wind pressure, marine atmosphere, etc.);
- flammable and/or explosive materials and/or atmosphere;
- vermin, including rodents or other small animals;
- localities prone to natural catastrophes;
- ecological impact.

In order to ensure that correct design parameters are selected, mutual agreement shall be reached between the user and the supplier as to the quantitative and/or qualitative conditions. Such agreement shall be in compliance with the appropriate National Rules or Directives.

2. Relevant standards

The electrical specifications of all components shall be not less than that required by the relevant IEC publications.

3. Matériaux

Les matériaux utilisés pour la construction des éléments doivent être appropriés aux conditions d'environnement, y compris la température, l'altitude, l'humidité, etc.

4. Protection

Une protection doit être assurée contre tout dommage et toute élévation anormale de la température en cours d'exploitation normale ou dans des conditions de défaut prévisibles.

5. Conditions de fonctionnement

Les éléments doivent être conçus de manière à supporter des conditions telles que les vibrations, l'accélération, la décélération, le pivotement et les angles d'inclinaison (basculage et montage) pouvant se présenter en cours d'exploitation normale.

6. Conditions d'emplacement

Les éléments doivent être installés de telle sorte que leurs caractéristiques de conception, telles que les systèmes de refroidissement, ne soient pas affectées par des facteurs extérieurs comme la situation de l'installation, le blocage des conduites de ventilation, un environnement hostile, etc.

7. Matériaux combustibles

Si un matériau combustible (par exemple de la poussière ou un liquide) est présent en quantité suffisante pour créer un danger et une possibilité de contact entre toute partie exposée de l'élément et le matériau combustible, la température de la partie exposée ne doit pas dépasser 90% de la plus basse température d'inflammation connue du matériau combustible.

Note. — Il y a lieu de se référer aux parties appropriées de la Publication 79 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

8. Borne de terre

Sauf pour le matériel de classe II, une borne de terre adéquate doit être prévue pour toutes les enveloppes abritant des éléments fonctionnant à une tension supérieure à la très basse tension de sécurité.

9. Limitations du bruit

Lors de la conception du matériel, il importe de tenir compte du niveau de bruit conformément aux règles nationales applicables.

3. Materials

Materials used in component construction shall be appropriate for the environmental conditions, including temperature, altitude, moisture, etc.

4. Protection

Protection shall be provided against damage and/or over-heating during normal operation or in expected fault conditions.

5. Operating conditions

Components shall be designed to meet such conditions as vibration, acceleration, deceleration, slewing and angles of inclination (tilting and mounting) which may occur under expected operational conditions.

6. Site conditions

Components shall be installed so that design features such as cooling systems shall not be impaired by external factors such as position, blocking of ventilation ducts, hostile environment, etc.

7. Combustible materials

If combustible material (e.g. dust or liquid) is present in such quantity as to create a hazard and contact is possible between any exposed part of the component and the combustible material, the temperature of the exposed part shall not exceed 90% of the lowest known ignition temperature of the combustible material.

Note. — Reference should be made to the appropriate parts of IEC Publication 79, Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres.

8. Earth terminal

Except in the case of Class II equipment, an effective earth terminal shall be provided on all enclosures housing components operating at a voltage in excess of extra low voltage.

9. Noise limitations

Consideration shall be given in the design to limit the noise level in accordance with appropriate National Rules.

CHAPITRE II: MACHINES TOURNANTES

10. Construction mécanique

Les machines tournantes utilisées pour des applications où une accélération élevée, une survitesse, une marche arrière ou un freinage peuvent être appliqués doivent être conçues et construites de façon à résister aux contraintes prévisibles pouvant s'exercer sur des parties telles qu'enroulements ou cages de rotor, stators, têtes de bobine de stator, arbres et accouplements.

11. Protection mécanique

Les machines tournantes doivent être placées ou protégées de façon à empêcher tout contact fortuit avec des parties mobiles.

CHAPTER II: ROTATING MACHINES

10. Mechanical construction

Rotating machines used in applications where high acceleration, overspeed, reversing or braking may be employed shall be designed and constructed so as to withstand expected stresses that may occur to parts such as rotor windings or cages, stators, stator end windings, shafts and couplings.

11. Mechanical protection

Rotating machines shall be so located or guarded as to prevent inadvertent contact with moving parts.

CHAPITRE III: TRANSFORMATEURS

12. Cerclage du noyau, des enroulements et des cuves

Dans le cas de transformateurs d'installations mobiles et semi-fixes ou de transformateurs soumis à des vibrations provenant des structures de support, il faut tenir compte de ces données pour le cerclage du noyau, des enroulements, des conducteurs internes et des cuves des transformateurs.

13. Enveloppes

Les transformateurs doivent, de préférence, être complètement enfermés. Tout transformateur contenant un liquide doit être équipé d'un moyen de décharge de pression.

Tout filtre d'aération ou moyen de décharge de pression d'un transformateur doit être monté de façon à minimiser la détérioration de l'agent de refroidissement par condensation.

14. Etanchéité aux poussières

Les transformateurs du type sec, y compris leur système de refroidissement, doivent être protégés contre la pénétration nuisible de poussières.

15. Protection contre l'incendie

Si des transformateurs sont installés de telle sorte que la combustion de l'agent de refroidissement risque de mettre en danger le personnel ou la structure des bâtiments, des moyens de sortie sûrs doivent être prévus et, en outre, au moins l'une des mesures de protection suivantes doit être prise:

- utilisation de transformateurs du type sec;
- utilisation d'un agent de refroidissement retardant la propagation de la flamme;
- aménagement d'un dôme résistant au feu, pour transformateurs à agent de refroidissement inflammable;
- aménagement de cuves de rétention de l'agent de refroidissement, pourvues d'éléments facilitant l'extinction ou de dispositions d'évacuation dans le cas de transformateurs utilisant un agent de refroidissement inflammable d'un volume supérieur à 1 500 l.

16. Pollution par l'agent de refroidissement

Il faut prendre des mesures adéquates afin d'empêcher l'agent de refroidissement de se répandre et de polluer l'environnement, par exemple dans les installations de retenue d'eaux souterraines, les installations portuaires, les canaux et réalisations analogues.

Il convient également d'assurer la protection contre la contamination du sol, sauf si les parties du sol contaminées par un écoulement peuvent être enlevées de la zone. Dans ce cas, des cuves de rétention de l'agent de refroidissement peuvent ne pas être requises (voir article 15).

Lorsque des transformateurs à agent de refroidissement retardant la propagation de la flamme sont utilisés, l'installation doit être disposée de façon à éviter une contamination de l'atmosphère et des effets nocifs éventuels de l'agent de refroidissement.

CHAPTER III: TRANSFORMERS

12. Core, coil and tank bracing

The bracing of the core, coils, internal leads and tank of transformers on mobile and movable installations and those subject to vibration from supporting structures shall be adequate for such conditions.

13. Enclosures

Transformers shall preferably be totally enclosed. All liquid-filled transformers shall have pressure relief means.

Any transformer breather or pressure relief means shall be fitted in such a way as to minimize degradation of the cooling medium (coolant) through condensation.

14. Dust exclusion

Transformers of the dry type, including their cooling system, shall be protected against the harmful ingress of dust.

15. Protection from fire

When transformers are located so that burning of the cooling medium could be hazardous to personnel or to the plant structure, safe means of egress must be provided and additionally at least one of the following protective measures shall be taken:

- use dry type transformers;
- use a flame-retardant cooling medium;
- provide a fire-resistant vault for transformers with a flammable cooling medium;
- provide cooling medium retaining troughs with quenching facilities and/or diverting arrangements for transformers with a flammable cooling medium having a volume exceeding 1 500 l.

16. Pollution by cooling medium (coolant)

Adequate precautions shall be provided to prevent spillage of the cooling medium causing pollution of the environment, for example, groundwater storages, harbours, waterways and the like.

Protection against ground contamination shall also be provided unless, in the event of spillage, contaminated parts of the ground can be removed from the area. In this case, cooling medium retaining troughs may not be required (see Clause 15).

Where transformers with flame-retardant cooling medium are used, the installation shall be so arranged as to inhibit the possible atmospheric contamination and noxious effects of the cooling medium.

CHAPITRE IV: CONVERTISSEURS STATIQUES

17. Limitation des surtensions

Si l'on utilise des convertisseurs statiques, des mesures de protection doivent être prises contre tous les effets nuisibles des surtensions et des surcharges transitoires.

18. Interférences avec les réseaux de communication et de commande

Des mesures de protection ou de contrôle doivent être prises pour restreindre l'effet de l'énergie électrique pouvant créer des interférences dans les appareillages électriques de communication ou de commande.

Il faudra consulter les normes nationales concernant la suppression des perturbations radio-électriques et les courants harmoniques admissibles.

19. Couplage électrique

L'installation du convertisseur doit inclure, le cas échéant, des moyens appropriés pour empêcher un fonctionnement intempestif dû à un couplage électrique (par exemple résistif, inductif ou capacitif) avec un autre appareillage.

20. Protection contre l'interaction entre liaisons à la terre

L'installation du convertisseur doit inclure, le cas échéant, des moyens appropriés pour empêcher toute interaction entre les liaisons à la terre des circuits d'entrée, de sortie et de commande.

21. Surveillance à régulation

En cas d'utilisation de systèmes de commande à asservissement et de risque dû à une perte du signal de réaction, il est recommandé que le système comporte une surveillance à régulation ou autres mesures efficaces de protection contre ce danger.

22. Limitation des harmoniques

A l'étude.

CHAPTER IV: STATIC CONVERTERS

17. Over-voltage limitation

Where static converters are used, precautions shall be taken to protect against any harmful effects of over-voltage and transient over-voltage conditions.

18. Interference with communication and control systems

Protective or control measures shall be taken to restrict the effect of electrical energy that may cause interference to communication and/or electrical control equipment.

Cognizance shall be taken of national standards for radio-frequency suppression and permissible harmonic currents.

19. Electrical coupling

The converter installation should include, where necessary, appropriate means to prevent spurious operation due to electrical coupling (e.g. ohmic, inductive or capacitive) with other apparatus.

20. Protection against interaction between earthing systems

The converter installation should include, where necessary, appropriate means to prevent interaction between the earthing systems of the input, output and control circuits.

21. Feedback supervision

Where closed-loop control systems are used and loss of feedback signal could cause a hazard, it is recommended that the system should incorporate feedback supervision or other effective measures to protect against the hazard.

22. Limitation of harmonics

Under consideration.

CHAPITRE V: DISPOSITIFS DE COUPURE

23. Prévention de fonctionnements intempestifs

Les dispositifs de coupure doivent être conçus, construits et installés de façon qu'aucune connexion involontaire ne puisse s'établir, ni dans les conditions normales d'exploitation, ni dans les conditions de danger prévisibles.

24. Sectionneurs

Lorsque cela est exigé par des règles nationales, les sectionneurs doivent être munis de dispositifs leur permettant de rester verrouillés dans la position ouverte.

25. Pouvoir de coupure

Les dispositifs de coupure qui ne conviennent pas pour la coupure de courants de charge ou de défaut doivent être verrouillés ou marqués.

26. Protection du personnel

Les dispositifs de coupure doivent être installés de façon à éviter d'exposer le personnel à des risques tels que des arcs électriques, un mouvement automatique du mécanisme, etc.

CHAPTER V: SWITCHING DEVICES

23. Prevention of unintentional operation

Switching devices shall be designed, constructed and installed in such a way that no unintentional switching may be caused under expected operational and risk conditions.

24. Isolators

Where required by National Rules, isolators shall be provided with suitable means to enable them to be locked in the isolating position.

25. Interrupting capability

Switching devices which are not suitable for interrupting load or fault currents shall be interlocked or labelled.

26. Personnel protection

Switching devices shall be installed so as to prevent such hazards to personnel as electric arcs, automatic movement of the mechanism, etc.

CHAPITRE VI: CHOIX ET MISE EN ŒUVRE DES CÂBLES

27. Conducteurs de phase

Le choix de la section du conducteur de phase doit, en principe, tenir compte du courant admissible prévu, du courant de court-circuit et de la durée du défaut, de la chute de tension et de la robustesse mécanique requise pour la méthode d'exploitation envisagée. La chute de tension doit être calculée en conditions de démarrage comme en conditions de charge maximale. En cas de services cycliques, le courant admissible doit être calculé d'après la valeur efficace du courant de longue durée prévu (par exemple 10 min).

28. Conducteur de protection

Tous les câbles multiconducteurs mobiles de distribution, sur enrouleur et remorqués, doivent comporter un conducteur de protection. Dans les installations à haute tension, des précautions spéciales doivent être prises pour éviter une détérioration du circuit de mise à la terre. Cela peut être obtenu :

- a) soit par une surveillance du conducteur de protection contre une augmentation de la résistance, au moyen de conducteurs pilotes, de transmission en haute fréquence ou par d'autres moyens,
- b) soit par une conception spéciale des câbles et leur emploi conformément aux spécifications des articles 45 et 46, qu'ils soient ou non utilisés sur enrouleur.

Le conducteur de protection peut être formé d'une ou de plusieurs âmes ou d'un ou de plusieurs écrans.

Pour certaines classes de câbles mobiles de distribution, l'armure peut, sous réserve des prescriptions de l'article 29, constituer le conducteur de protection.

29. Armure utilisée comme conducteur de protection

Si la section d'un brin constitutif de l'armure est supérieure à 6 mm², l'armure métallique d'un câble de distribution mobile peut être utilisée comme conducteur de protection, à condition que la sécurité procurée contre la destruction de cette armure (compte tenu de sa résistance mécanique, de sa limite d'élasticité, du mode de pose, etc.) soit au moins égale à celle de tous les conducteurs; et à condition que la conductivité de cette armure soit au moins égale à celle d'un conducteur de protection équivalent ayant la section nominale requise.

30. Températures limites en court-circuit

Les câbles doivent être choisis de manière que la température maximale admissible, en fonction du type d'isolation, ne soit pas dépassée dans les conditions de court-circuit prévisibles. Voir la Publication 621-2 de la CEI: Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières). Deuxième partie: Prescriptions générales de protection, paragraphe 17.3b), concernant la température des conducteurs.

31. Protection contre les décharges partielles

Pour les câbles souples de tensions nominales supérieures à 4 000 V, des mesures doivent être prises afin de minimiser les décharges partielles internes ou afin d'éviter toute nocivité de tels effets (par exemple en contrôlant leur gradient de champ).

CHAPTER VI: CABLE SELECTION AND APPLICATION

27. Phase conductors

Selection of phase conductor size should take into consideration the expected load current, short-circuit current and duration of fault, voltage drop and the mechanical strength required for the expected method of handling. The voltage drop should be calculated for both starting and maximum load conditions. Where supplying cyclic loads, the current-carrying capacity should be based on the long time (e.g. 10 min) r.m.s. current expected.

28. Protective conductor

All multicore cables of the movable distribution, drum and trailing types shall contain a protective conductor. In high-voltage systems, special measures must be taken to guard against deterioration of the earthing circuit. This may be achieved by either:

- a) monitoring the protective conductor against increase in resistance by the use of pilot cores, high-frequency monitoring or other means; or
- b) cables should be specially designed and used in accordance with the requirements of Clauses 45 and 46 whether or not they are used on a drum.

The protective conductor may be in the form of core(s) and/or screen(s).

For certain classes of movable distribution cables, the armouring may, subject to the requirements of Clause 29, form the protective conductor.

29. Armouring as protective conductor

Where the cross-sectional area of a single composite strand of the armouring is greater than 6 mm², the metallic armouring of a movable distribution cable may be used as a protective conductor provided that the security against breakage of the armouring (taking into account strength, elongation, lay, etc.) is at least equal to that of all the conductors; and provided that the armour conductivity is at least equal to that of a protective conductor of the required nominal cross-sectional area which would otherwise be required.

30. Limiting temperatures under short circuit

Cables shall be selected so as to ensure that the maximum allowable conductor temperature, considering the type of insulation, is not exceeded under expected short-circuit fault conditions. Refer to IEC Publication 621-2, *Electrical Installations for Outdoor Sites under Heavy Conditions (Including Open-cast Mines and Quarries)*, Part 2: General Protection Requirements, Sub-clause 17.3b)—Temperature of conductors.

31. Protection against partial discharge

For flexible cables having nominal voltages greater than 4 000 V, measures shall be provided to minimize internal partial discharge or to render such effects harmless (e.g. field gradient control).

Des mesures de protection appropriées doivent être prises pour réduire les tensions de contact et de pas. De telles mesures peuvent consister :

- a) en écrans métalliques, ou
- b) en éléments semiconducteurs massifs en contact avec le conducteur de protection.

32. Couches semiconductrices

Si les câbles sont munis de couches longitudinales semiconductrices massives afin de présenter une voie conductrice au conducteur de protection en cas de défaut, la résistance entre l'élément semiconducteur et le conducteur de protection doit être mesurée afin de savoir si elle convient pour le courant de défaut présumé.

Note. — Des méthodes d'essai sont à l'étude.

33. Fourniture d'écrans ou d'armures pour câbles de tension supérieure à 1 000 V

Les câbles souples tenus à la main sous tension doivent être munis d'écrans métalliques ou d'armures ou doivent avoir des écrans en matière élastomère conductrice de section importante et être placés de façon à limiter les tensions de contact et de pas pouvant apparaître en cas de défaut dans un câble.

Si les câbles ne sont déplacés qu'au moyen d'outils isolés spéciaux, ces prescriptions ne s'appliquent qu'aux tensions supérieures à 4 000 V.

34. Repérage du conducteur de protection

Sauf spécification contraire des règles nationales,

- a) pour les câbles de tensions inférieures ou égales à 1 000 V dont le conducteur de protection est isolé, cette isolation ou le rubanage extérieur doit être distinctement et indélébilement coloré en vert et jaune sur toute sa longueur de manière que, sur chaque longueur de 15 mm, l'une de ces couleurs recouvre au moins 30% et au plus 70% de la surface, l'autre couleur recouvrant le reste de la surface;
- b) pour les câbles de tensions supérieures à 1 000 V dont le conducteur de protection est isolé, cette isolation ou le rubanage extérieur doit être au moins repéré à chaque extrémité par la combinaison vert/jaune appliquée conformément à l'alinéa précédent. Un repérage supplémentaire approprié peut aussi être utilisé.

35. Comportement en présence de décharges partielles

Dans le cas des câbles de tensions supérieures à 4 000 V, chaque longueur de fabrication (de longueur minimale 150 m) d'un câble mobile de distribution, d'un câble sur enrouleur et d'un câble remorqué doit être soumis par son constructeur à un essai de décharges partielles.

Note. — Des prescriptions d'essai semblables à celles qui figurent dans la Publication 502 de la CEI: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV, sont à l'étude.

Suitable protective measures shall be applied to reduce the touch and step voltages. Such measures may consist of:

- a) metallic screens; or
- b) substantial semiconductive elements in contact with the protective conductor.

32. Semiconducting layers

Where cables are fitted with substantial longitudinal semiconducting layers for the purpose of providing a current path to the protective conductor in the event of a fault, the resistance between the semiconducting element and the protective conductor should be tested to ensure that it is suitable to carry the prospective fault current.

Note. — Test methods under consideration.

33. Provision of screens and/or armouring for cables above 1 000 V

Where flexible cables are handled manually while energized, they shall have metallic screens and/or armouring or shall be provided with conducting elastomeric screens of substantial cross-sectional area and so placed as to limit the touch and step voltages, that may arise in the event of a cable fault.

In cases where cables are handled only by means of special insulated tools, these requirements shall apply only for voltages above 4 000 V.

34. Identification of protective conductor

Unless otherwise required by National Rules, the following applies:

- a) for cables rated at up to and including 1 000 V, in which the protective conductor is insulated, such insulation, or outer taping, shall be distinctly and indelibly coloured green and yellow over its whole length so that in any 15 mm length one of these colours shall cover at least 30% and not more than 70% of the surface, the other colour covering the remainder of the surface;
- b) for cables rated at above 1 000 V, in which the protective conductor is insulated, such insulation or outer taping shall at least be identified at each end by the green/yellow colour combination applied in accordance with the foregoing paragraph. Suitable supplementary identification may also be used.

35. Partial discharge performance

For cables rated at above 4 000 V each production length (minimum length 150 m) of movable distribution cable, drum cable and trailing cable shall be tested by the cable manufacturer for partial discharge.

Note. — Test requirements similar to those in IEC Publication 502, Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1 kV up to 30 kV, are under consideration.

36. Extrémités des câbles souples

Les câbles souples doivent être exécutés de manière que leurs extrémités ne soient pas sous contrainte ou sous tension mécanique et que toute flexion et tout serrage excessifs soient évités.

37. Limitation de la torsion des câbles de transport d'énergie

Si le mode de fonctionnement normal de la machine exige une rotation peu fréquente sur un arc pouvant atteindre 360° dans les deux sens, la distance entre les supports de serrage du câble ne doit pas être inférieure à 50 fois le plus grand diamètre du câble sur le trajet considéré.

Si le mode de fonctionnement normal de la machine exige une rotation fréquente sur un arc pouvant atteindre 360° dans les deux sens, la distance entre les supports de serrage du câble ne doit pas être inférieure à 100 fois le plus grand diamètre du câble sur le trajet considéré.

Si les câbles utilisés sont conçus spécifiquement à cette fin, les dimensions ci-dessus peuvent être réduites respectivement à 25 et 50 fois.

38. Gaines

Les câbles peuvent être posés directement sur le sol ou dans le sol à condition que la gaine extérieure soit prévue pour les conditions de fonctionnement.

Les câbles munis de gaines métalliques extrudées, comme les câbles à gaine d'alliage de plomb ou d'aluminium ou blindés à isolation minérale, ne doivent pas être utilisés si une usure peut se produire à cause des vibrations, d'une manipulation fréquente ou de mouvements de terrain.

39. Séparation des conducteurs d'énergie et de commande

39.1 Câbles monoconducteurs

Des câbles monoconducteurs installés dans une même canalisation, un même conduit ou un même fourreau peuvent être utilisés pour plusieurs circuits, tant pour l'énergie que pour la commande (voir également article 40).

Tous les câbles de ce type (sauf les conducteurs de terre nus) doivent être isolés en fonction de la tension maximale prévue pour tout câble de la canalisation, du conduit ou du fourreau, sauf dérogation expresse dans les règles nationales.

Si des câbles monoconducteurs sont utilisés pour des circuits à courant alternatif, tous les conducteurs d'un circuit donné doivent suivre le même parcours magnétique afin de neutraliser le flux magnétique résultant.

39.2 Câbles multiconducteurs

Pour des tensions inférieures ou égales à 1 000 V, des câbles multiconducteurs peuvent être utilisés tant pour les circuits d'énergie que pour ceux de commande.

Pour des tensions supérieures à 1 000 V, le seul conducteur de commande qui peut faire partie d'un câble multiconducteur doit être le conducteur pilote de vérification de la continuité de terre.

Les câbles multiconducteurs contenant des circuits d'énergie et de commande doivent être conformes aux prescriptions suivantes, selon le cas:

36. Terminations of flexible cables

Flexible cables shall be terminated in such a way that their ends are not under stress or under tension effects and that excessive bending and compressing are avoided.

37. Power cable twist limitation

Where the normal mode of operation of the machine requires infrequent rotation through an arc of up to 360° in either direction, the distance between the clamping supports of the cable shall be not less than 50 times the largest cable diameter in the cable run.

Where the normal mode of operation of the machine requires frequent rotation through an arc of up to 360° in either direction, the distance between the clamping supports of the cable shall be not less than 100 times the largest cable diameter in the cable run.

Where cables designed specially for this purpose are used, the above ratios may be reduced to 25 and 50 times respectively.

38. Sheathing

Cables may be laid directly on or in the ground provided that the outer sheath is designed for the operating conditions.

Cables having extruded metallic sheaths, for example, cables with lead alloy or aluminium sheaths or mineral-insulated metal-sheathed cables, shall not be used where fatigue may occur, due to vibration, frequent handling or ground movement.

39. Segregation of power and control cores

39.1 *Single-core cables*

Single-core cables which are installed in a common duct, conduit or sleeving may be used for several circuits, both power and control (see also Clause 40).

All such cables (except bare earthing conductors) shall be insulated for the maximum voltage applied to any cable in the duct, conduit or sleeving unless otherwise permitted by National Rules.

When using single-core cables for alternating current circuits, all conductors of a given circuit shall follow the same magnetic path to neutralize the resultant magnetic flux.

39.2 *Multicore cables*

For voltages up to and including 1 000 V, multicore cables may be used for several circuits, both power and control.

For voltages above 1 000 V, the only control core(s) which may be included in a multicore cable shall be the earth continuity check pilot.

Multicore cables containing power and control cores shall comply with the following requirements as appropriate:

- a) tout câble contenant des conducteurs pilote, de commande et de surveillance doit être tel que ces conducteurs soient isolés de tous les éléments conducteurs du câble;
- b) les câbles fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V dans un schéma non mis à la terre (schéma IT) doivent être munis d'écrans métalliques ou d'écrans de caoutchouc conducteur individuels séparant les conducteurs d'énergie du conducteur pilote;
- c) les câbles fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V dans un schéma mis à la terre (schéma TT ou TN) doivent avoir des écrans métalliques séparant les conducteurs d'énergie du conducteur pilote;
- d) les câbles fonctionnant à des tensions inférieures à 1 000 V doivent avoir des conducteurs pilote, de commande ou de surveillance séparés des conducteurs d'énergie par des écrans de caoutchouc conducteur dans un schéma non mis à la terre, ou d'écrans métalliques dans un schéma mis à la terre. En variante, quel que soit le schéma, le niveau d'isolement des conducteurs pilote, de commande ou de surveillance doit être égal à celui des conducteurs d'énergie.

39.3 *Câbles multiconducteurs composites sur enrouleurs*

Les câbles multiconducteurs contenant des conducteurs d'énergie, pilote, de commande et de surveillance peuvent être utilisés pour des applications à enrouleurs sous réserve des restrictions relatives à la tension, figurant au paragraphe 39.2, et à condition que ces câbles soient spécialement conçus pour une telle exploitation.

40. **Séparation des câbles sur chemins de câbles**

Si des câbles de transport d'énergie et de commande, multiconducteurs et monoconducteurs, sont placés sur un même chemin de câbles, une même tablette ou un même conduit, le degré d'interférence mutuelle doit être pris en considération.

41. **Rayon de courbure des câbles souples d'un diamètre de plus de 25 mm**

Le rayon de courbure minimal recommandé pour des câbles souples, pendant la mise en œuvre et les manipulations en service, est de six fois le diamètre d'un câble non construit conformément à l'article 31, point a) ou b), ou de huit fois le diamètre d'un câble construit conformément au point a) ou b) de cet article.

- a) any cable containing pilot, control and supervisory cores shall have such cores insulated from all other conducting elements of the cable;
- b) cables operating at above 1 000 V in an unearthed system (IT System) shall have either metallic screens or individual conductive rubber screens separating the power cores from the pilot core(s);
- c) cables operating at above 1 000 V in an earthed system (TT or TN Systems) shall have metallic screens separating the power cores from the pilot core(s);
- d) cables operating at up to and including 1 000 V shall have pilot, control or supervisory cores separated from power cores by conductive rubber screens if on an unearthed system or metallic screens if on an earthed system. Alternatively, for either system, the pilot, control or supervisory cores shall be insulated to a voltage level equal to that of the power cores.

39.3 *Composite multicore cables on reeling drums*

Multicore cables which contain power, pilot, control or supervisory cores may be used for reeling drum applications, subject to the voltage limitations in Sub-clause 39.2, provided that the cable is specially designed for such reeling duty.

40. **Separation of cables in racks**

Where power and control cables, multicore and single-core are used on a common rack, tray or duct, the degree of mutual interference must be considered.

41. **Bending radius for flexible cables over 25 mm diameter**

The recommended minimum bending radius for flexible cables during installation and handling in service is six times the cable diameter for cables not constructed in accordance with Clause 31, Item a) or b), and eight times the cable diameter for cables which are constructed in accordance with Item a) or b) of the above clause.

CHAPITRE VII: CONNEXIONS DES CÂBLES

42. Connexions par prise de courant

Si des connexions par prises de courant sont utilisées à des tensions supérieures à 1 000 V, des mesures doivent être prises pour empêcher l'introduction de la fiche dans le socle, ou son retrait de celui-ci, alors que le circuit est sous tension.

Ces mesures consistent en une ou deux des dispositions suivantes:

- a)* utilisation de sectionneurs verrouillés avec la prise de courant de manière à empêcher toute connexion ou déconnexion alors que le circuit est sous tension et pour empêcher toute commande tant que la connexion par prise de courant n'est pas complète;
- b)* la mise en place d'un conducteur de surveillance, soit au moyen d'un conducteur pilote soit par une surveillance à haute fréquence, ou par un autre moyen.

Les mesures indiquées au point *b)* sont destinées à assurer la sécurité et ne doivent pas, en principe, servir au sectionnement normal du circuit.

43. Connexions par prises moulées et connexions boulonnées

Si de telles connexions sont utilisées, un verrouillage n'est pas nécessaire, à condition que des modes de fonctionnement adéquats et appropriés soient observés.

CHAPTER VII: CABLE CONNECTORS

42. Use of plug/socket connectors

Where plug and socket connectors are used at voltages above 1 000 V, measures shall be taken to prevent the plug from being engaged with, or disengaged from, the socket while the circuit is energized.

The measures shall consist of one or both of the following:

- a)* the provision of isolating switches which are interlocked with the plug/socket so as to prevent connection or disconnection while the circuit is energized and to prevent switching the circuit when the plug/socket connection is incomplete;
- b)* the provision of protective conductor monitoring by means of either a pilot core, by high-frequency monitoring, or by other means.

The measures under Item *b)* are intended as a safety feature and should not be used for normal isolation purposes.

43. Use of bolted plug/socket connectors and bolted connections

Where bolted plug/socket connectors or bolted connections are used, interlocking is not required provided suitable and adequate operational procedures are implemented.

CHAPITRE VIII: ENROULEURS DE CÂBLES

INTRODUCTION

Les enrouleurs de câbles et les rayons de courbure des câbles sur enrouleurs (qui sont fréquemment enroulés et déroulés sur un tambour) doivent être conformes aux articles suivants.

44. Facteurs de régime sur enrouleurs

Un câble sur enrouleur doit être conçu et choisi de manière que sa température de fonctionnement ne soit pas dépassée sous la charge normale d'exploitation, compte tenu des charges périodiques et des conditions dans lesquelles la plus grande longueur du câble est enroulée sur le tambour.

Le courant admissible pour les câbles de section circulaire installés sur enrouleur ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au point *a)* ou *b)*, exprimées en pourcentage du courant admissible, à l'air libre.

a) enrouleur de type radial: ventilé: 85%
non ventilé: 75%

b) enrouleur de type cylindrique ventilé:

- 1 couche de câble: 85%
- 2 couches de câble: 65%
- 3 couches de câble: 45%
- 4 couches de câble: 35%

Notes 1. — Un enrouleur de type radial est un enrouleur où les couches de câble sont enroulées entre des rebords rapprochés; si les joues sont pleines, cet enrouleur est dit « non ventilé »; si les joues sont ajourées, cet enrouleur est dit « ventilé ».

2. — Un enrouleur de type cylindrique ventilé est un enrouleur où les couches de câble sont enroulées entre des joues très espacées et dont le fût et les joues d'extrémité comportent des ouvertures de ventilation appropriées.

Il est recommandé de prévoir, à la conception des enrouleurs cylindriques ventilés, un espace entre spires égal à au moins 10% du diamètre du câble.

45. Limites de tension mécanique du câble

La conception de l'enrouleur de câble doit permettre une limite supérieure de 15 N/mm² pour la contrainte de traction normale, exercée sur chaque conducteur isolé. La contrainte de traction maximale passagère sur les conducteurs isolés ne doit pas dépasser 25 N/mm².

Au besoin, les enrouleurs de câble doivent être munis d'un dispositif de protection du câble contre les excès ou défauts de traction.

46. Diamètres des enrouleurs pour câbles souples

Sauf dérogation à l'article 47, les diamètres minimaux des enrouleurs pour des câbles en conditions normales d'exploitation doivent être conformes au tableau suivant:

CHAPTER VIII: CABLE DRUMS

INTRODUCTION

Cable drums and bending radii for drum cables (frequently reeling on and off a cable drum) shall be designed according to the following clauses.

44. Drum rating factors

A drum cable shall be so designed and selected that the operating temperature of the cable shall not be exceeded under normal operational load, with due allowance for cyclic loading and for the condition where the maximum quantity of cable is reeled on the drum.

When cables of circular cross-section are installed on cable drums, the maximum current-carrying capacity should not exceed the values stated in Item *a*) or *b*) expressed as a percentage of the capacity in free air.

- a*) Radial type drum: ventilated: 85%
non-ventilated: 75%

b) Ventilated cylindrical type drum:

- 1 layer of cable: 85%
- 2 layers of cable: 65%
- 3 layers of cable: 45%
- 4 layers of cable: 35%

Notes 1. — A radial type drum is one where spiral layers of cable are accommodated between closely spaced flanges; if fitted with solid flanges, the drum is described as non-ventilated and if the flanges have suitable apertures as ventilated.

2. — A ventilated cylindrical cable drum is one where layers of cable are accommodated between widely spaced flanges and the drum and end flanges have suitable ventilating apertures.

It is recommended that provision be made in the design of ventilated cylindrical drums to space each turn apart by at least 10% of the cable diameter.

45. Cable tension limits

The design of the cable drum shall be such that the normal operating tensile stress in any of the cable cores has an upper limit of 15 N/mm². The transient peak tensile stress of the cores shall not exceed 25 N/mm².

Where necessary, the cable drum shall be provided with a device to protect the cable against over or under tension.

46. Drum diameters for flexible cables

Except as permitted in Clause 47, the minimum cable drum diameters for cables in normal operating service shall comply with the following table:

Diamètres minimaux des enrouleurs de câbles

Construction du câble	Diamètre de l'enrouleur (en multiples du diamètre du câble)
Câbles qui ne sont pas construits conformément à l'article 31, point a) ou b)	15
Câbles construits conformément à l'article 31, point a) ou b)	25

Si, lors de son cintrage, le câble est sous tension par le dispositif d'alimentation du câble, le rayon de tels dispositifs doit être augmenté par rapport au diamètre de l'enrouleur.

Note. — Pour certaines matières, à de basses températures, ces diamètres minimaux peuvent devoir être augmentés.

47. Réductions admissibles des diamètres de l'enrouleur

Une réduction du diamètre de l'enrouleur, et par conséquent de la durée de vie du câble, peut être imposée par des limitations critiques de l'espace disponible dans certaines installations telles que machines d'extraction ou transporteurs, empêchant d'appliquer les valeurs limites de l'article 46. Des réductions similaires peuvent être appliquées lorsque les câbles sont spécifiquement conçus pour le service sévère associé à certains appareils spéciaux (comme les navettes d'enroulement) ou lorsque les câbles sont enroulés peu fréquemment.

48. Prescriptions relatives aux câbles pliés en « S » et aux changements de direction

La partie droite joignant deux courbes opposées d'un pliage en S, ou la partie droite d'une courbure similaire d'un plan à un autre, doit avoir une longueur au moins égale à 20 fois le diamètre du câble.

Minimum diameters for cable drums

Cable construction	Drum diameter (times cable diameter)
Cables not constructed in accordance with Clause 31, Item <i>a</i>) or <i>b</i>)	15
Cables constructed in accordance with Clause 31, Item <i>a</i>) or <i>b</i>)	25

Where the cable may be under tension while bending, as with cable feed-on devices, the radii of such devices shall be increased with respect to the drum diameter.

Note. — These minimum diameters may need to be increased for certain materials under low temperature conditions.

47. Permissible reductions in drum diameters

A reduction of the drum diameter with consequent reduction of cable life may be employed where critical space limitations on certain plant, such as in winning machines or conveyors, preclude the use of the limiting values in Clause 46. Similar reductions may be employed where cables are specifically designed for the arduous duty associated with certain specialized equipment (e.g. shuttle car reels) or where cables are reeled infrequently.

48. Requirements for cable “ S ” bends and direction changes

The straight part between the two opposite curves of an S-shaped deflection or similar bend from one plane into another shall be of a length at least equal to 20 times the diameter of the cable.

CHAPITRE IX: CIRCUITS ET DISPOSITIFS DE COMMANDE

49. Prévention des fonctionnements intempestifs

Les circuits et dispositifs de commande ne doivent pas se réarmer automatiquement après leur fonctionnement, à moins que le réarmement des dispositifs de commande ne puisse entraîner un redémarrage automatique de la transmission ou qu'il n'y ait aucun risque pour le personnel si le redémarrage automatique de la transmission se produit.

50. Limitation des courants de fuite et capacitifs — Circuits de commande non mis à la terre

Pour les circuits de commande non mis à la terre, des mesures doivent être prises pour assurer que — dans les conditions de fonctionnement normales et sans défaut du circuit — après une coupure, le courant total passant dans la bobine de fermeture des contacts d'un appareil de coupure soit inférieur au courant nécessaire pour maintenir les contacts de l'appareil en position fermée.

Ce courant total doit être également inférieur au courant de mise au repos de l'appareil de coupure ayant le plus faible courant de mise au repos. Ce courant total comprend les courants dus à des capacités ou à des fuites à la terre ou de fuite entre les conducteurs du circuit de commande.

La valeur du courant de mise au repos pour l'appareil de coupure utilisé doit être mesurée et doit servir de base pour la détermination des courants totaux admissibles de capacité et de fuite, qui ne doivent pas dépasser 70% du courant de mise au repos.

51. Surveillance de l'isolement — Circuits de commande non mis à la terre

Pour les circuits de commande non mis à la terre, dont la fonction est significative pour la sécurité du personnel ou de l'installation, un dispositif de surveillance de l'isolement, ou autre moyen de maintenir la sécurité, doit être prévu.

Un tel dispositif de surveillance de l'isolement doit répondre avant que le courant total de capacité et de fuite et le courant de défaut additionnel aient atteint 70% de la valeur de mise au repos indiquée à l'article 50; sinon, d'autres moyens efficaces doivent être utilisés pour assurer que 70% de la valeur de mise au repos indiquée dans ledit article ne peut être atteinte.

En réponse à l'action d'un dispositif de surveillance de l'isolement, ou d'un autre moyen, l'alimentation des circuits correspondants doit être automatiquement interrompue ou la transmission correspondante être arrêtée par un autre moyen, ou un signal doit être enregistré.

Dans ce dernier cas, des mesures de fonctionnement appropriées et adéquates doivent être mises en œuvre.

52. Limitation des courants de fuite et capacitifs — Circuits de commande mis à la terre

Pour les circuits de commande mis à la terre, utilisant des interrupteurs unipolaires pour manœuvrer le dispositif de commande, ces interrupteurs doivent être montés sur le conducteur de phase alimentant ce dispositif. Le conducteur neutre doit être relié directement à l'autre borne du dispositif. Des interrupteurs bipolaires peuvent toutefois être utilisés pour actionner le dispositif de commande à condition qu'ils fonctionnent simultanément sur les deux pôles, de phase et neutre.

CHAPTER IX: CONTROL CIRCUITS AND CONTROL DEVICES

49. Prevention of unintentional operation

Control circuits and control devices shall not automatically reset after tripping unless resetting of the control device either does not cause automatic restarting of the drive or there is no hazard to personnel created by automatic restarting of the drive.

50. Limitation of leakage and capacitance currents—Unearthed control circuits

For unearthed control circuits, measures shall be implemented which ensure—in case of normal operating conditions with no circuit faults—that, after an operational switch-off, the total current flowing through the closing coil of a switching device shall be less than the current needed for holding the switched-on position of the switching device.

This total current shall also be less than the drop-out current of the switching device with the smallest drop-out current. This total current includes those currents caused by capacitance and leakage to earth and capacitance and leakage between the cores of the control circuit.

The value of the drop-out current for the switching device in use shall be measured and used as a basis for determining the total permissible capacitance and leakage currents, which shall not exceed 70% of the drop-out current.

51. Monitoring of insulation—Unearthed control circuits

For unearthed control circuits, the function of which is significant to the safety of personnel or plant, an insulation monitoring device or other means of maintaining safety shall be provided.

When an insulation monitoring device is used, it shall respond before the total capacitance and leakage current and the additional fault current have reached 70% of the drop-out value, as stated in Clause 50, or other effective means shall be used to ensure that the 70% drop-out value stated in the above clause cannot be reached.

On the response of an insulation monitoring device, or other means, supply to the respective circuits shall be automatically disconnected, or the affected drive shall be stopped by other means, or a signal shall be registered.

In the latter case, suitable and adequate operational measures shall be implemented.

52. Limitation of leakage and capacitance currents—Earthed control circuits

For earthed control circuits where a single-pole switch(es) is used for actuating the control device, the switch(es) shall be in the phase conductor to the device. The neutral conductor shall be directly connected to the other terminal of the device. Double pole switch(es) may, however, be used for actuating the control device provided that they operate simultaneously in both the phase and neutral conductors.

A la suite d'une coupure — dans les conditions de fonctionnement normal sans défaut des circuits — le courant total passant dans la bobine de fermeture des contacts d'un dispositif de commande doit être inférieur au courant nécessaire pour maintenir les contacts de ce dispositif en position fermée. Ce courant total doit également être inférieur au courant de mise au repos du dispositif de commande ayant le plus faible courant de mise au repos. Ce courant total comprend les courants dus à des capacités ou à des fuites entre les conducteurs du circuit de commande.

La valeur du courant de mise au repos pour le dispositif de commande utilisé doit être mesurée et doit servir de base pour la détermination des courants totaux admissibles de capacité et de fuite, qui ne doivent pas dépasser 70% du courant de mise au repos.

After an operational switch-off—in the case of normal operating conditions with no circuit faults—the total current flowing through the closing coil of a device shall be less than the current needed for holding the switched-on position of the device. This total current shall also be less than the drop-out current of the device having the smallest drop-out current. The total current includes those currents caused by capacitance and leakage between the cores of the control circuit.

The value of the drop-out current for the device in use shall be measured and used as a basis for determining the total permissible capacitance and leakage currents which shall not exceed 70% of the drop-out current.

CHAPITRE X: CIRCUITS ET DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ

53. Généralités

Tous les circuits de sécurité doivent mettre en œuvre des principes de sécurité par défaut, chaque fois que cela est possible et applicable, comme il est prévu aux articles 54, 55 ou 56.

54. Principe du circuit fermé

Chaque fonction doit être commandée par des contacts à relais qui sont fermés lorsque le relais est sous tension, de sorte qu'une défaillance de l'alimentation des circuits, une défaillance du contact à relais ou la rupture d'un conducteur se traduise par l'arrêt de la transmission ou, selon ses caractéristiques propres, par son passage automatique en condition de protection.

55. Principe de confirmation du fonctionnement

Le fonctionnement correct de chaque fonction doit être prouvé au cours de la fonction suivante afin d'assurer les mesures de sécurité mises en action; par exemple, si un relais est commuté sur sa position de travail ou de repos, la fonction suivante doit prouver le fonctionnement correct de ce relais.

56. Principes de protection par défaut au moyen de dispositifs de commande à semiconducteurs

Si des dispositifs de commande à semiconducteurs sont incorporés, des précautions supplémentaires telles que des techniques de surveillance asservie doivent être prises en plus des règles données à l'article 54 ou 55.

Les sujets suivants sont à l'étude:

- Distribution aérienne.
 - Câbles de distribution d'énergie.
 - Installations de détection et de protection contre l'incendie.
 - Installations d'éclairage.
-

CHAPTER X: SAFETY CIRCUITS AND SAFETY DEVICES

53. General

All safety circuits shall incorporate fail safe principles as far as is reasonably practicable, such as those provided for in Clauses 54, 55 or 56.

54. Closed circuit principle

Functions shall be operated by relay contacts that are closed when the relay is energized, so that failure of supply to the circuits, failure of relay contact or broken conductor will cause the drive to stop or, by its inherent characteristics, to assume automatically a safe condition.

55. Proving function operation principle

The correct operation of each function shall be proved in a succeeding function to ensure safety measures coming into operation; for example, if a relay is switched to its energized or de-energized position, the succeeding function should prove the correct operation of the relay.

56. Fail safe principles with solid state switching devices

Where solid state switching devices are incorporated, extra precautions such as cross-monitoring techniques shall be provided in addition to the requirements of Clause 54 or 55.

The following subjects are under consideration:

- Overhead distribution.
 - Power cable distribution.
 - Fire detection and protection systems.
 - Lighting systems.
-

ICS 29.260.99
